

EL 1^{er} TÚNEL DEL MUNDO CONSTRUIDO 100% CON TUBOS DE CONCRETO ULTRABAJO EN CARBONO

Bernard THERON



ÍNDICE

- 1 - Contexto y compromiso
- 2 - Concreto, cemento y CO₂
- 3 – El proyecto con tubos UBC

Contexto y compromiso

LA LUCHA CONTRA EL CALENTAMIENTO GLOBAL



+5°C en ~ 10 000 años

Potencialmente
+ 5°C en ~ 100 años

Temperatura global = 10°C
Nivel del mar = 120 m más bajo que ho

Temperatura global = 15°C
desde hace 12 000 años aprox.

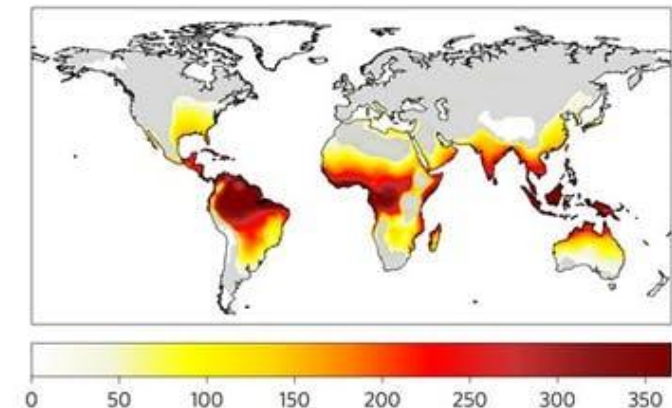
Temperatura global = 20°C



Último periodo glacial
De +20 000 à -10 000 años



Período actual



N°de días intolerables para el cuerpo humano al
año
2050-2100

Contexto y compromiso

AMBICIÓN MEDIOAMBIENTAL - VOLUNTAD DE ACTUAR DENTRO DEL GRUPO VINCI

“...actuar como líderes, no como seguidores...”

...obtener los mejores resultados técnicos y económicos de nuestros proyectos, pero también los mejores resultados medioambientales

Y en este ámbito, tenemos que ir más rápido, más fuerte y, sobre todo, más lejos.”

Xavier Huillard,
Presidente grupo VINCI
2020



CLIMA META 2030

- 40 %

de emisiones directas de gases de efecto invernadero (alcance 1 y 2) en comparación con 2018.

META 2050

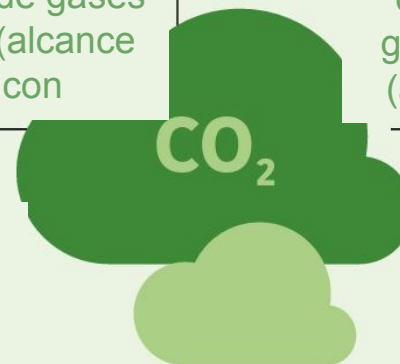
**Cero
neto**

- 20 %

de emisiones indirectas de gases de efecto invernadero (alcance 3) en comparación con 2019.

90 %

del concreto que utiliza VINCI
Construction es bajo



Concreto, cemento y CO2: EN

RESUMEN...

La construcción es el 2º sector que más emite CO2 en el mundo.

El concreto representa el 5 % de las emisiones mundiales de CO2

El concreto es el material fabricado que más se utiliza en el mundo (190 m³/segundo)



¿De dónde provienen las emisiones de CO2 del concreto?

El **cemento** es responsable del 85 % de las emisiones de CO₂ del concreto aunque solo representa el 12 % de su composición.

¿Por qué el cemento emite tanto CO2?

El **clinker**, su componente principal (producido por la cocción de piedra caliza y arcilla), es el responsable de la elevada huella de carbono del cemento debido a:

El calentamiento del horno de las cementeras a 1500° (1/3)

La reacción química de la liberación de carbono durante la cocción (2/3)

¿De dónde proviene la huella de carbono del concreto?



Para reducir la huella de carbono del concreto, es necesario actuar sobre el cemento y reducir la proporción de clinker.

LA OFERTA EXEGY by SOLETANCHE BACHY



La promesa de EXEGY by Soletanche Bachy:

un paquete de materiales y servicios para proporcionar el concreto o la lechada de baja emisión de carbono más adecuados para cada proyecto.



Materiales con huella de carbono reducida
adaptados a toda clase de resistencia

Suministro
de concretos y lechadas estándar
disponibles en el mercado

Desarrollo de
hormigón y lechadas
a medida



Servicios exclusivos para beneficiarse
de la experiencia en materiales de Soletanche
Bachy

Laboratorio de materiales (especificaciones, formulación, pruebas, etc.)

Abastecimiento (búsqueda de aglutinantes alternativos en la región)

Relaciones con los proveedores (identificación de concretos bajos en
carbono en el mercado)

Proyecto de microtúnel empleando concreto de ultrabajo carbono



BESSAC

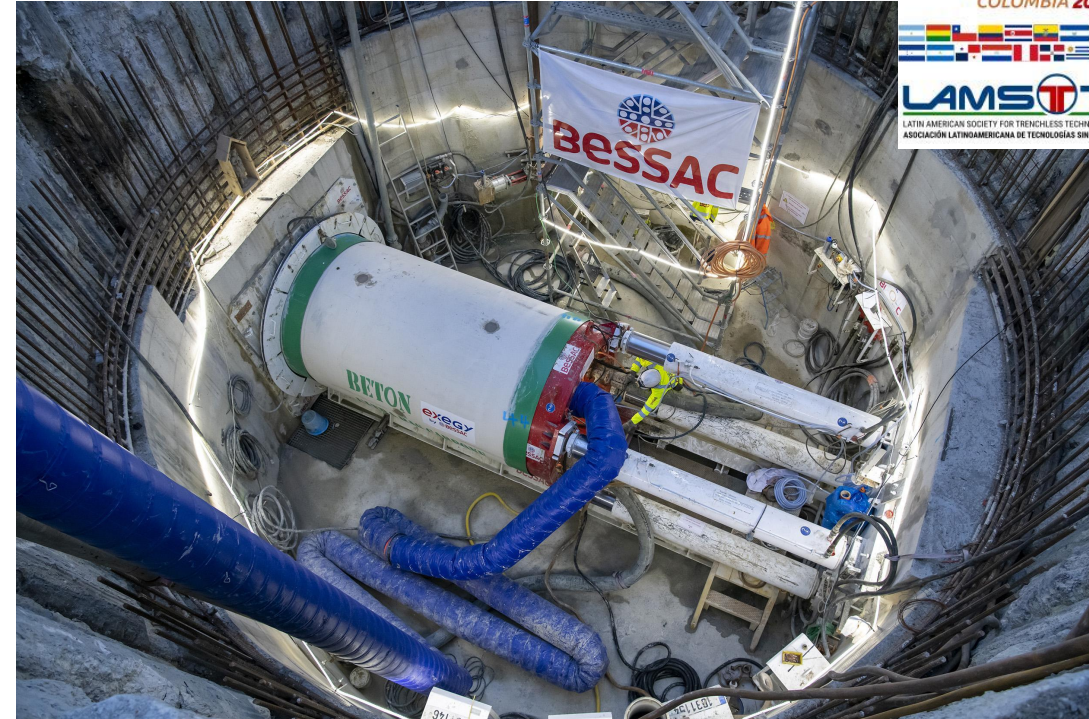


DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

□ Principales ventajas de este Proyecto para un primer uso de tubos UBC

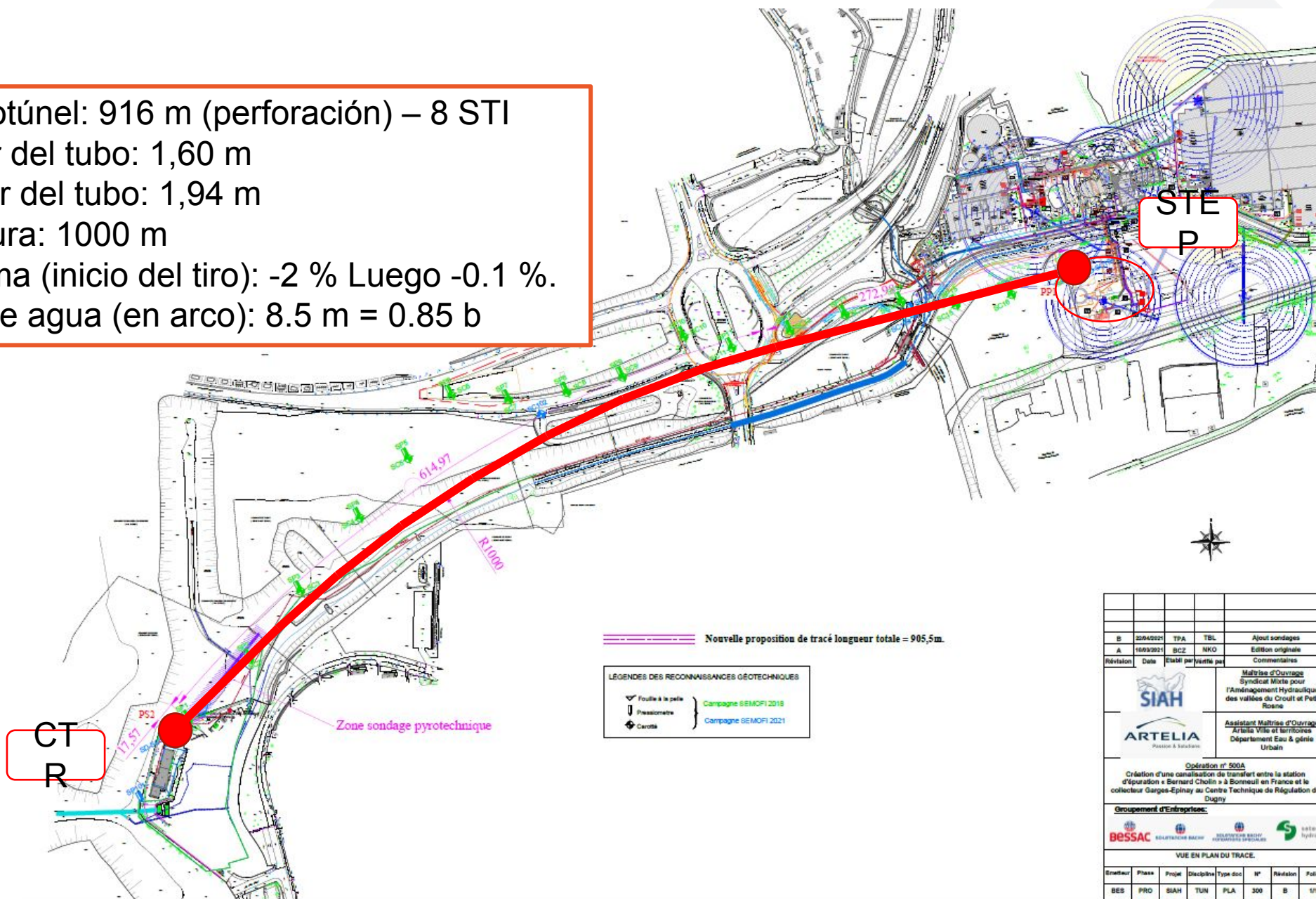
- Un contrato en diseño y construcción, con tiempo suficiente para definir una formula de concreto y obtener los permisos de uso
- Longitud del microtúnel suficiente para amortizar la inversión (916m, ID1600)
- Proyecto en Francia cerca de Paris, es decir cerca de los laboratorios internos de materiales y de la oficina de diseño

□ Un Cliente (SIAH) y su interventoría (Artelia) abiertos para tomar medidas significativas de reducción del impacto ambiental



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Estructura: Microtúnel: 916 m (perforación) – 8 STI
 Diámetro interior del tubo: 1,60 m
 Diámetro exterior del tubo: 1,94 m
 Radio de curvatura: 1000 m
 Pendiente máxima (inicio del tiro): -2 % Luego -0.1 %.
 Carga máxima de agua (en arco): 8.5 m = 0.85 b



B	20/05/2021	TPA	TBL	Ajout sondages
A	16/05/2021	BCZ	NKO	Edition originale
Révision	Date	Établi par	Vérite par	Commentaire
				Maître d'Ouvrage Syndicat Mixte pour l'Aménagement Hydraulique des vallées du Croult et Petit Roine
				Assistant Maître d'Ouvrage Artelia Ville et territoires Département Eau & gestion Urbain
Opération n° 500A Création d'une canalisation de transfert entre la station d'épuration « Bernard Cholin » à Bonneuil en France et le collecteur Garges-Epinay au Centre Technique de Régulation de Dugny				
Groupement d'Entreprises:				
BESSAC				
VUE EN PLAN DU TRACÉ.				
Emetteur	Phase	Projet	Discipline	Type doc
BES	PRO	SIAH	TUN	PLA
				N°
				300
				Révision
				B
				Folio
				1/1

PROGRAMA PARA VALIDACION Y PRODUCCION DE TUBOS UBC

I+D Concreto UBC

2020 S2

- Desarrollo de una fórmula EXEGY UBC.
- Selección de un socio: CAPREMIB.
- Consulta con CAPREMIB sobre las limitaciones de una fundición de tubos de perforación.
- Caracterización del concreto teniendo en cuenta las especificaciones.
- Definición en el laboratorio de una fórmula "genérica" de concreto EXEGY UBC, basada en el principio de un hormigón de ingeniería, con cemento CEMI y un relleno mineral variable (escoria molida ECOCEM).

I+D Fórmula tubos

2020 S2

Desarrollo en el laboratorio de Soletanche Bachy de la fórmula específica EXEGY by Bessac UBC.

Concreto mixto con 80 % de aglutinante de escoria molida ECOCEM y 20 % de cemento CEMI

Prueba Piloto

2021 S1

Información al cliente : Etapa importante para la acreditación del concepto de sustitución de materiales

Aplicación de la fórmula en la sede de CAPREMIB, en función de la conveniencia.

Producción de paneles piloto que reproducen las limitaciones de los tubos hincados

Pruebas complementarias de calificación de los TUBOS UBC en función del análisis del concreto.

Pruebas de industrialización

2021 S2

Pruebas de industrialización de los tubos (3u) tras la instalación de moldes en las plantas de prefabricación de CAPREMIB.

Pruebas sobre esos tubos en función de las normas estándares.

Producción industrial de tubos

2021 S2

Producción industrial de los tubos UBC
(80 % escoria + 20 % CEMI)
obra LE CROULT – Planta CAPREMIB

Concreto, cemento y CO₂: 2 ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA PROPORCIÓN DE CLINKER Y EL IMPACTO DEL CO₂



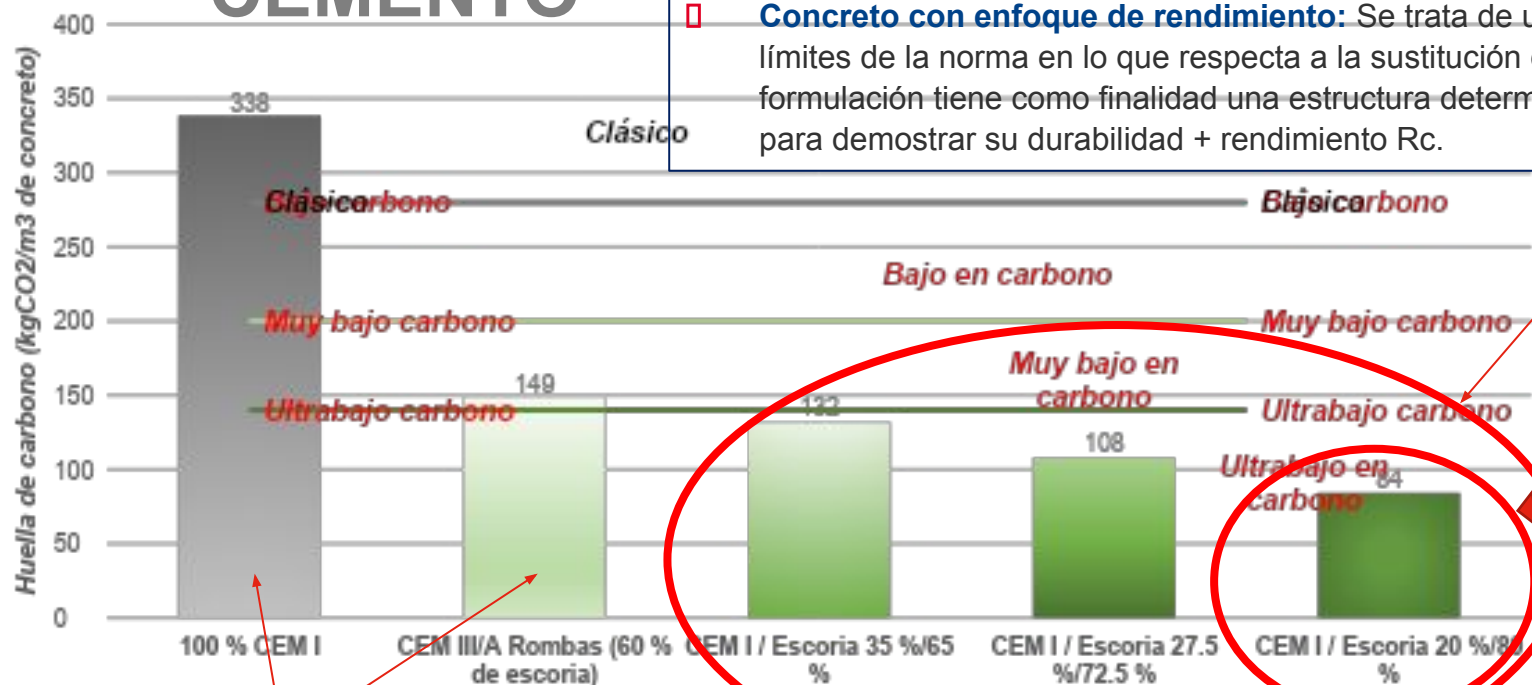
Estrategia 1: Utilización de cemento compuesto.

Type de ciment	Composition A, B, C = teneur en clinker des ciments courants (hors gypse)		
CEM I Ciment Portland	100% de clinker		
CEM II Ciment Portland Composé	/A 80 à 94% de clinker	/B 65 à 79% de clinker	/C* 50 à 64% (avec laitier)
CEM III Ciment de haut fourneau	/A 35 à 64% de clinker	/B 20 à 34% de clinker	/C 5 à 19% de clinker
CEM IV Ciment Pouzzolanique (yc. Métakalains en addition)	/A 65 à 89% de clinker	/B 45 à 64% de clinker	
CEM V Ciment composé	/A 40 à 64% de clinker	/B 20 à 38% de clinker	

Estrategia 2: Recombinación de un cemento de alto horno utilizando un cemento de tipo CEM I y escoria.



Concreto, cemento y CO₂: IMPACTO DEL CARBONO DE UN CONCRETO SEGÚN SU COMPOSICIÓN DE CEMENTO



□ **Concreto con enfoque de rendimiento:** Se trata de un concreto diseñado que supera los límites de la norma en lo que respecta a la sustitución del clinker por adiciones minerales. Su formulación tiene como finalidad una estructura determinada, sometida a pruebas de validación para demostrar su durabilidad + rendimiento Rc.

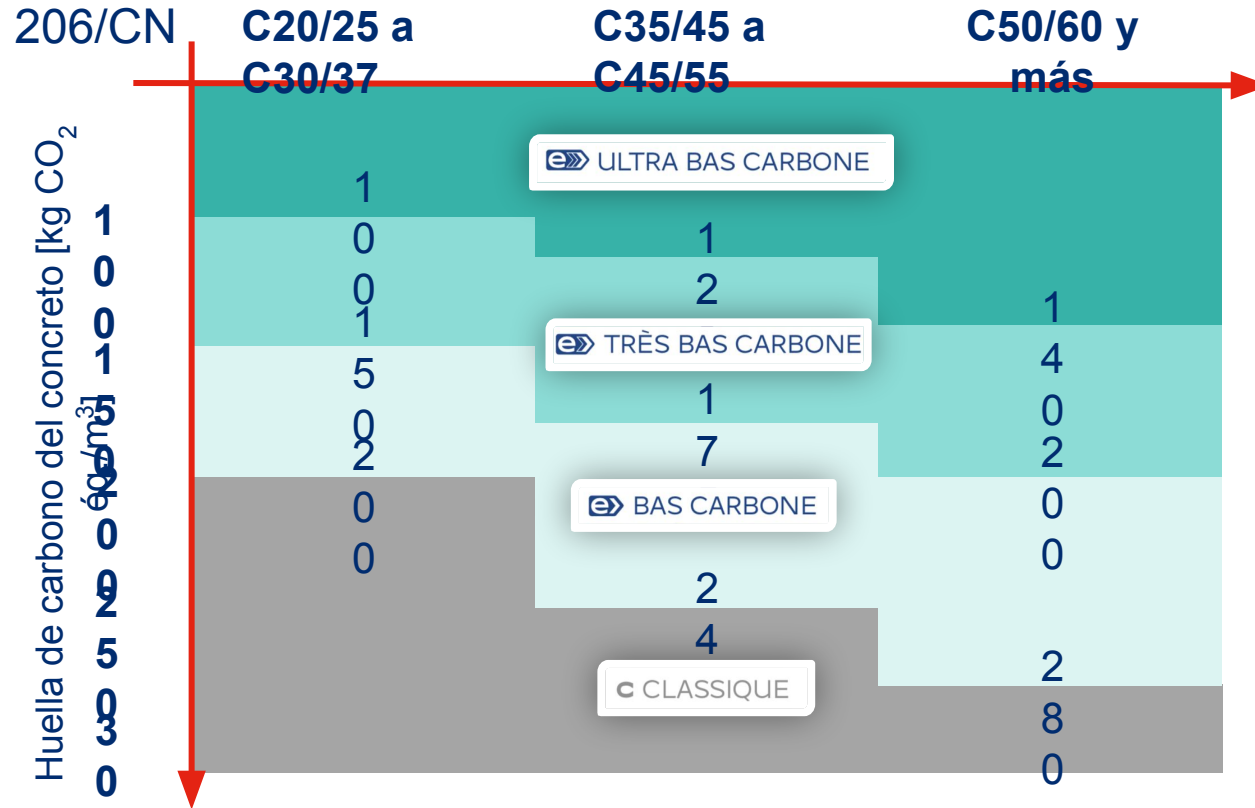
□ **El concreto ultrabajo en carbono propuesto por BESSAC para los tubos del microtúnel del SIAH**

□ **Concreto estándar:** Se trata de un **producto homologado** por la simple aplicación del enfoque prescriptivo de la norma EN 206/CN, idéntico para todos, con el uso de cemento normalizado (BPE, constructores).

□ **Concreto de ingeniería:** El concreto de ingeniería **cumple con la norma EN 206/CN**, que define sus requisitos. Su formulación abre la **posibilidad de tener en cuenta las adiciones minerales en sustitución del clinker dentro de los límites definidos por la norma (máx. 50 % para una mezcla CEM I/escoria)**.

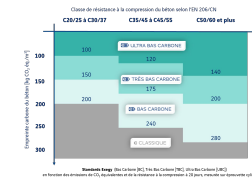
Concreto, cemento y CO₂: CLASIFICACIÓN DE LOS CONCRETOS DESCARBONIZADOS

Clase de resistencia a la compresión del concreto según la norma EN 206/CN



Estándares compartidos

- CLASSIQUE
- BAS CARBONE
- TRÈS BAS CARBONE
- ULTRA BAS CARBONE



Legibilidad, comparabilidad y ayuda para elegir entre concretos

Estándares Exegy (Bajo carbono [BC], Muy bajo carbono [MBC], Ultrabajo carbono [UBC]) en función de las emisiones de CO₂ equivalentes y de la resistencia a la compresión a los 28 días medida en una probeta cilíndrica.

FORMULA DE CONCRETO

Justificación de la formula de concreto por principio del concepto de equivalencia de desempeño :

- ⇒ Prueba de desempeño de durabilidad y resultados por lo menos equivalentes al concreto de referencia
- ⇒ Concreto de referencias seleccionados: XA2 cumpliendo con formula con cemento CEM III/A & XA3 cumpliendo con formula con cemento CEM III/A

FORMULA DE CONCRETO

Puntos principales integrados en la formula con respecto a las normas :

- Durabilidad del concreto: contenido de agua máximo y cantidad mínima de cementante
- Absorción de agua $\leq 6\%$
- Limitación de Cloruro at Cl 0,65
- Clasificación B por la álcali reacción
- Clasificación Cs por reacción a los sulfatos
- Corrosión de acero de refuerzo: clasificación a la exposición XC2



FORMULA DE CONCRETO

Lista de ensayos realizados

Tests at 28days and 90days
Abrams spread at end of mixing
Apparent viscosity at end of mixing
Density and air content
Compressive strength at 28 days (11x22 cm)
Water absorption at 28 days
Porosity accessible to water at 28 days
Determination of chloride diffusion coefficient at 28 days
Electrical resistivity 28 days
Acid leaching at a pH of 4.5 28 days
Porosity accessible to water at 90 days
Determination of the chloride diffusion coefficient at 90 days
Electrical resistivity 90 days

FÓRMULA DE CONCRETO

**Método
“paso a
paso” para
dotar al
concreto de
las
propiedades
adecuadas**

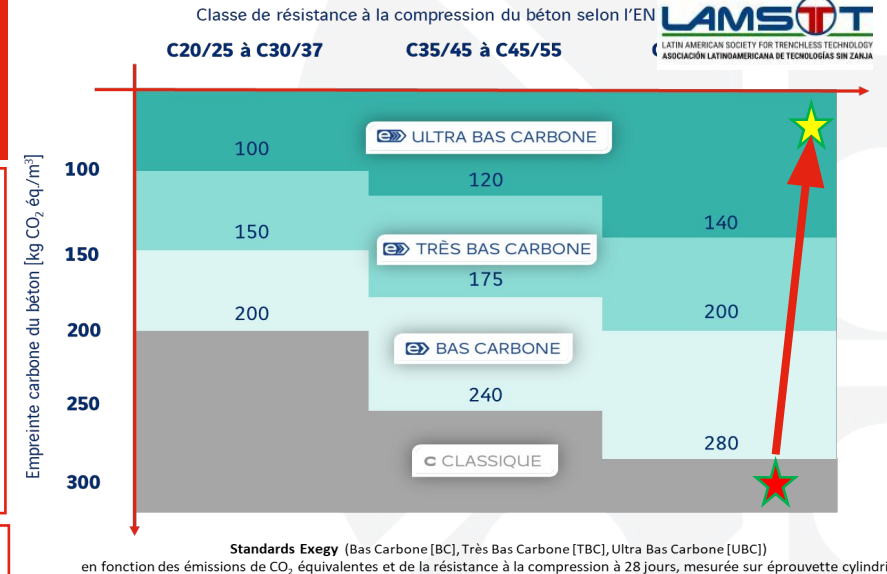
Recombinación de un cemento de alto horno utilizando un cemento CEM I y escoria en un proceso controlado.

- Comportamiento muy satisfactorio del concreto en estado fresco,
- Resistencia a la compresión obtenida a partir de los 7 días (en comparación con los 28 días previstos),
- Pruebas de durabilidad satisfactorias.
- Pruebas sobre el producto terminado efectuadas sin dificultad.

**Diseño de un material con una
huella de carbono muy baja y a
medida (ingeniería/rendimiento).**

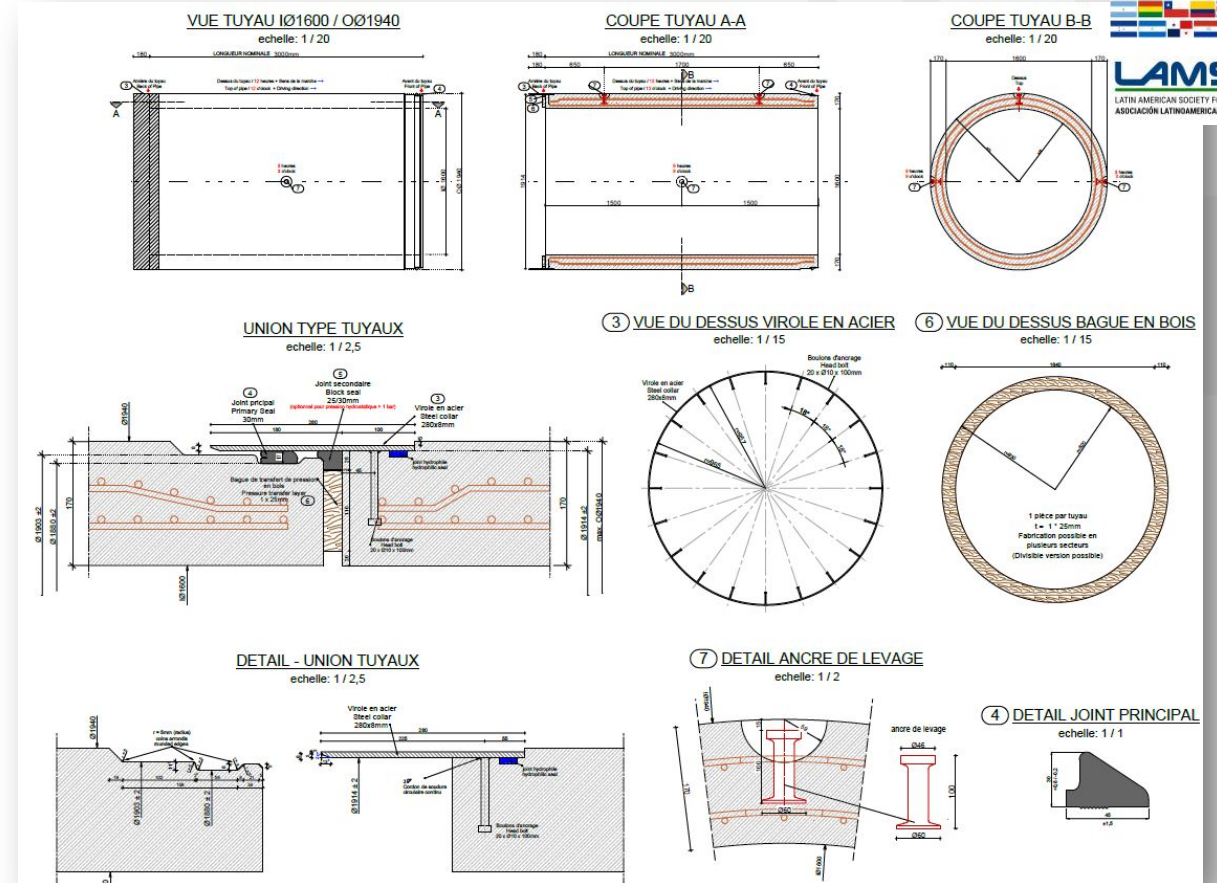
**Obtención de un concreto
Emisión 4 veces menor
(en Kg CO₂/m³ concreto)**

**Fórmula coherente con el medio
ambiente: tratamiento térmico
limitado y materiales locales.**



**Fórmula deliberadamente exigente y robusta
que permite su **reutilización** en proyectos con **especificaciones diferentes**.**

DISEÑO DE LOS TUBOS



FABRICACIÓN DE LOS TUBOS



FABRICACIÓN DE LOS TUBOS



APLICACIÓN EN OBRA



APLICACIÓN EN OBRA



DISEÑO OPTIMIZADO Y ORIENTADO HACIA EL MEDIOAMBIENTE

Para preservar el Parque de la Courneuve (zona de biodiversidad Natura 2000)

- El pozo de arranque del microtúnel se instaló en el terreno del Centro de Regulación Técnica (CTR) de Dugny.
- Se eliminaron los pozos intermedios.
- La tubería se construyó con el método denominado "sin zanja".
- Validación hidráulica del nuevo diseño



CONCLUSION : UNA VERDADERA INOVACIÓN, UN VERDADERO DESAFÍO

Sinergia de competencias y recursos

La fuerza del Grupo Soletanche Bachy con oficinas de diseño internos, laboratorios de materiales.

El know-how certificada de BESSAC con su "doble rol" en el diseño y la prefabricación de revestimientos (tubos y dovelas), así como en su instalación.

Experiencia de contratista de principal para manejar todos los aspectos administrativos

Sólido contexto y compromiso

El proyecto contribuye al objetivo nacional de reducir la huella de carbono.

Este tipo de **contrato de diseño y construcción** hace posible estos desarrollos.

¡Una novedad mundial!

Prefabricación y construcción de **una estructura de concreto 100 % de ultrabajo carbono.**

Mañana ?

Desarrollar otras formulas con sustitución del Clinker por filler, arcillas calcinadas...



Gracias por su
atención



BESSAC